

*Docket #4512  
INV: Joerg SCHUMACHER*

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 34 242.3  
**Anmeldetag:** 09. Juli 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Airbus Deutschland GmbH,  
Hamburg/DE  
**Bezeichnung:** Anordnung und Verfahren zur Regelung der Naht-  
lage eines laserstrahlgefügteten Profils  
**IPC:** B 23 K 26/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. April 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Agurks

USPS EXPRESS MAIL  
EV 338 198 045 US  
JULY 09 2003



**Anordnung und Verfahren zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils**

Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 13.

5

Eine ausgewogene Einflussnahme auf den Nahtflankenwinkel  $\alpha$  einer laserstrahlgeschweißten Schweißnaht, dessen schweißtechnische Umsetzung sich am fertigen Schweißteil feststellen läßt, wird erst bei der Beurteilung der Laserschweißnaht hinsichtlich deren qualitätsgerechten Ausführung, die oftmals nicht den Erwartungen entsprechen wird, offenbart. Deshalb wird eine intensive Beobachtung des Nahtflankenwinkel  $\alpha$  beim Laserstrahlschweißen von beispielsweise einer Stringer-Haut-Anordnung betrieben, um die Ausschussquoten der lasergeschweißten Teile, deren Laserschweißnähte mit der Fachwelt bekannten Laserschweiß-Anlagen umgesetzt werden, in Grenzen zu halten. Oftmals läßt sich das Nachschweißen der Schweißteile nicht vermeiden, wodurch die technologischen Einzelkosten für ein fertiges Schweißteil angehoben werden. Nachschweißungen werden an einem bereits lasergeschweißten Teil vorgenommen, wenn der Nahtflankenwinkel  $\alpha$  außerhalb der zulässigen Toleranz liegt.

10

Der Nahtflankenwinkel  $\alpha$  wird beim Laserschweißen von Schweißteilen (beispielsweise einer Stringer-Haut-Anordnung) als eine wesentliche Ausgangsgröße angesehen, dessen Einfluß auf die qualitative Ausführung einer Laserschweißnaht am fertigen Schweißteil an sich bekannt ist. Seine Bewertung wird traditionell erst nach der Ausführung der vollständig gezogenen Schweißnaht vorgenommen. Lösungen, mit denen eine direkte Einflussnahme auf den Schweißvorgang, der eine gebotene Veränderung des Nahtflankenwinkel  $\alpha$  realisiert, ausgeübt wird, um eine qualitativ akzeptable Schweißnaht zu erzielen, sind nicht bekannt. Dabei werden hauptsächlich Schweißteile betrachtet, bei denen beispielsweise der Stringer lotrecht stehend auf der Haut, die Fachkreise auch als „Glattblechschale“ bezeichnen, positioniert wird. Der Nahtflankenwinkel  $\alpha$  resultiert aus der Position des Laserstrahls und dessen relative Lage zum Schweißstoß der Fügeteile, beispielsweise dem Haut-Stringer-Stoß. Der Nahtflankenwinkel  $\alpha$  liegt demnach zwischen der Haut und der Oberfläche der Schweißnaht, dessen Lage - mit einem vorgreifenden Blick auf die beigegebene Fig. 3 - anschaulicher wird. Insofern wird die Nahtlage und in Korrelation der zu erwartende Nahtflankenwinkel  $\alpha$  der fertigen Schweißnaht schon vor Beginn des Schweißprozesses beeinflusst.

20

25

30

Bisher wird die Position des Laserstrahls relativ zum Schweißstoß der Teile (Haut-Stringer-Stoß) fest vorgegeben, bevor die Laserschweißung durchgeführt wird. Mit einer derartigen Vorbereitung werden natürlich an eine (theoretisch erwartete) Nahtlage respektive an einen Nahtflankenwinkel  $\alpha$  der geschweißten Naht entsprechende Erwartungen geknüpft.

35



Wenn man bedenkt, dass außerdem unvorhersehbare Störungen, die ggf. durch Verzug oder Verkippen der Schweißteile, bspw. des Stringers auf der Haut, durch Veränderung der Lagetoleranzen des Laserstrahls, durch nicht beachtete Toleranzen der Bauteildicke (Stringerdicke), oder durch Toleranzen wegen Torsion und Verbiegen des Bauteils (Stringers) durch eine Rollenführung, und auch durch Toleranzen eines taktilen optischen Sensors zur Erfassung des Stoßes verursacht werden, also auf den Schweißprozess während seiner Durchführung einen unbeabsichtigten Einfluß ausüben, dann ist keine weitere Möglichkeit bekannt, nach der man während der stattfindenden Laserschweißung einen maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung der Nahtlage oder auf die Schwankungen des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  ausüben kann, um eine ansprechende Bauteilqualität der lasergeschweißten Teile zu erreichen.

Die Einhaltung der vorgegebenen Grenzen für den Nahtflankenwinkel  $\alpha$  ist insbesondere bei sphärischen Hautfeldern problematisch, zumal auch ein hoher Zeitaufwand für die Justage an jedem Stringer nicht selten ein Nachschweißen erschweren wird.

Gewöhnlich wird nach geschehener Laserschweißung der Fügeteile (beispielsweise der Haut-Stringer-Verbindung) mit einem bekannten Lichtschnittverfahren (mittels Lichtlinienprojektion) eine optische Vermessung, beispielsweise mit einem bekannten Lichtschnittsensor (sogenannten Falldorf-Sensor) der Fa. Falldorf & Co. GmbH (Falldorf & Co. GmbH, Consulting & Engineering, Fahrenheitstraße 1, 28359 Bremen oder Internet unter: <http://www.falldorf.de>) vorgenommen und die lasergeschweißte Verbindung entsprechend den Anforderungen an die Nahtgüte bewertet. Mit einer dermaßen vorbereiteten Schweißanordnung wird die theoretisch erwartete Nahtlage respektive der erwartete Nahtflankenwinkel  $\alpha$  einer Laserschweißnaht unter Eingehung bekannter Erfahrungswerte ermittelt und dieser Vorgabe zugrunde gelegt. Mit dieser Maßnahme kann der Schweißprozess während seines Ablaufs nicht positiv beeinflusst werden, weil keine Regelung der Nahtlage respektive des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  erfolgt.

Auch wird bisher ein mechanischer Sensor verwendet, welcher die Position des Stoßes (Stringer-Haut-Stoßes) mit einem Vorlaufabstand zum Schweißpunkt erfasst und die einst vorgegebene Nahtlage korrigiert. Diese Anordnung wird erfahrungsgemäß nicht immer zu akzeptablen Nahtflankenwinkeln  $\alpha$  führen. Die vorgenannten Störgrößen können damit nicht ausreichend kompensiert werden.



Demzufolge liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung und ein Verfahren zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils aufzuzeigen, mit der die Position und / oder die Lage einer Laserschweißquelle während des Schweißvorganges dermaßen beeinflusst wird, dass durch geregelte Einflussnahme auf die Nahtlage und den Nahtflankenwinkel  $\alpha$  der erzeugten

- 5 Schweißnaht dessen Oberflächengeometrie verbessert wird. Dabei wird angestrebt, dass mit der Anordnung bereits geringe Schwankungen des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  ausgeglichen werden, wodurch zulässige Toleranzwerte des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  umgesetzt werden. Das Nachschweißen der Schweißnaht soll gänzlich verhindert werden.
- 10 Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1 und 13 angegebenen Maßnahmen gelöst. In den weiteren Ansprüchen sind zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen dieser Maßnahmen angegeben.



Die Erfindung wird in einem Ausführungsbeispiel anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild der Anordnung zur Regelung der Nahtlage einer stringerversteiften Glattblechschale;

5 Fig. 2 ein Blockschaltbild der Nahtlagen-Regeleinrichtung nach der Fig. 1;

Fig. 3 eine Anordnung der lasergeschweißten Teile;

Fig. 4 eine Darstellung der Abhängigkeit des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  von der Nahtlage NL.

10 Einleitend wird erwähnt, dass das folgende Ausführungsbeispiel sich auf eine Glattblechschale 10, die als ein durch Laserstrahlschweißen mit einem Fügepartner zu verbindendes Profil eingesetzt wird, und auf einen Stringer 11, der als Fügepartner eingesetzt wird, bezieht, welche durch Laserschweißnähte 13, 131 zu einem Schweißteil vereinigt werden. Eine dermaßen durch Laserstrahlschweißung gefügte stringerversteifte Glattblechschale 10 wird beispielsweise im Flugzeugbau verstärkt Anwendung finden, wobei eine Verbesserung der Schweißnahtqualität und eine Verringerung der Ausschussquote beim Laserstrahlschweißen sowie die Einsparung von zusätzlichem Aufwand durch zeitaufwendiges Nachschweißen einer ständigen Beobachtung unterliegt. Mit der nachfolgend angegebenen Anordnung und dem angegebenen Verfahren zur Regelung der Nahtlage NL eines (im Endstadium) laserstrahlgefügtten Profils (einer stringerversteiften Glattblechschale) werden diese Nachteile abgestellt.

20

In der Fig. 1 wird nun das Blockschaltbild der Anordnung zur Regelung der Nahtlage NL der stringerversteiften Glattblechschale 10 (eines stringerversteiften Hautfeldes) vorgestellt, welche die Nahtlage NL der Laserschweißnähte 13, 131, mit denen die Teile nach der Fig. 3 (Stringer 11, 25 Glattblechschale 10) randseitlich des Schweißstoßes 12 (des Haut-Stringer-Stoßes) verbunden werden, regelt und damit in Korrelation die Realisierung des Nahtflankenwinkel  $\alpha$  der Laserschweißnähte 13, 131 (innerhalb der zugelassenen Toleranzwerte) beeinflusst.

30 Um die Funktion(en) der Anlagekomponenten dieser Anordnung verständlicher zu machen, wird vorgreifend den Ausführungen hinsichtlich der Fig. 1 – zunächst näher auf die Anordnung nach der Fig. 3 eingegangen. In der Fig. 3 wird eine Glattblechschale 10 und einen Stringer 11, der lotrecht stehend (also: im rechten Winkel stehend) auf der Glattblechschale 10 positioniert ist, dargestellt. Dabei stößt die Stirnfläche des Stringers 11 auf die Oberfläche der Glattblechschale 10, wodurch an den Auflageflächen dieser Teile ein Schweißstoß 12 gebildet wird. Der Stringer 11 betrifft ein 35 Winkelprofil, das (im Flugzeugbau) zur zusätzlichen, örtlich begrenzten Aussteifung der Glattblechschale 10 verwendet wird. Die Glattblechschale 10 betrifft ein Hautfeld (eine Außenhaut eines Flugzeuges), das (die) mit einem geschweißten Stringerprofil (wegen auftretenden Druck- und / oder Schubbelastungen auf die Glattblechschale 10) ausgesteift wird.



Links- und rechtsseitig des Stringer-Querschnitts ist jeweils eine Laserschweißquelle 14, 15

angeordnet, welche zur Realisierung der beabsichtigten Schweißnahtverbindung der beiden Teile während des Schweißprozesses einen gradlinig gerichteten Laserstrahl 16, 17 ausstrahlt, der randseitlich auf den Schweißstoß 12 der beiden Teile gerichtet ist. Danach wird eine erste

- 5 Laserschweißquelle 14, die linksseitig des Stringer-Querschnitts angeordnet ist, mit einem ersten Laserstrahl 16, der in Richtung einer ersten gradlinigen Laserstrahl-Richtungsachse LSAR1 strahlt, im Bereich des Schweißstoßes 12 eine erste Laserschweißnaht 13 realisieren, dessen Lichtenergiegehalt bis zu einem unteren Bereich der Laserschweißnaht 13 (Nahtwurzel) vordringt, an dem kein Aufschmelzen des metallenen Werkstoffs mehr stattfinden wird. Gleichermaßen wird zeitgleich eine
- 10 zweite Laserschweißquelle 15, die rechtsseitig des Stringer-Querschnitts angeordnet ist, mit einem zweiten Laserstrahl 17, der in Richtung einer zweiten gradlinigen Laserstrahl-Richtungsachse LSAR2 strahlt, im Bereich des Schweißstoßes 12 eine zweite Laserschweißnaht 131 mit den genannten Wirkungen realisieren.

- Davon ausgehend, dass die beiden Laserstrahlen 16, 17 einen (vor)bestimmten Einfallswinkel  $\beta$  (von größer  $0^\circ$  [Null Grad]) einschließen, der zwischen einer Schweißstoß-Tangente SST, die der Oberfläche der Glattblechschale 10 anliegt, und der betreffenden Laserstrahl-Richtungsachse LSRA1, LSRA2 liegt, wird die Eindringtiefe der beiden Laserstrahlen 16, 17 an einem (vordefinierten) Schweißpunkt SP enden, deren Schweißwirkung an einem oberen Bereich der betreffenden
- 20 Laserschweißnaht 13, 131 einsetzen und an der Nahtwurzel enden wird.

- Unter der Voraussetzung, dass sich die Position eines (den betreffenden Laserschweißquellen 14, 15 integrierten) Laserstrahlkopfes, aus dem der einzelne Laserstrahl 16, 17 in den (freien) Raum austritt, verändern lässt, wird man (mit der Anordnung nach der Fig. 1) eine geregelte Korrektur der Lage der
- 25 beiden Laserstrahlquellen 14, 15 durch räumliche Veränderung von deren Ausgangsposition in veränderter Achsenrichtung im 3-dimensionalen Raum vornehmen. Dadurch wird gleichfalls der Einfallswinkel  $\beta$  des einzelnen Laserstrahls 16, 17 und dessen Eintrittslage in den randseitlichen Bereich des Schweißstoßes 12 zugunsten der Veränderung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  verändert.

- 30 Nachfolgend wird eine Definition der Nahtlage NL und des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  vorgeschlagen, die dem Verständnis für die weiteren Betrachtungen, die sich mit der Regelung der Nahtlage NL und der korrelierenden Einflussnahme auf den Nahtflankenwinkel  $\alpha$  befassen, förderlich sind.

- Geht der Betrachter der Fig. 3 von einem (noch) nicht lasergeschweißten Stringer 11 aus, dann lässt
- 35 sich die Nahtlage NL durch einen Abstand AS erfassen, der an einer links- und rechtsseitig dem Stringer-Querschnitt gelegenen Stringer-Oberfläche dieses nicht lasergeschweißten Stringers 11 angelegten und vertikal gelegenen Stringertangente ST vermessen wird.



Der Abstand AS wird durch einen Laserstrahl-Eintrittspunkt LEP, durch den der einzelne Laserstrahl 16, 17 unter einem bestimmten Eintrittswinkel  $\beta$  in den nicht lasergeschweißten Stringer 11 eindringen wird, und einen Schweißstoß-Schnittpunkt SSP, durch den die vorerwähnte Schweißstoß-Tangente SST treten wird, eingegrenzt. Sofern nun an den oberen Bereich der einzelnen Laserschweißnaht 13, 131 eine Schweißnaht-Tangente SNT angelegt wird, wird letztere und die vorerwähnte Schweißstoß-Tangente SST den sogenannten Nahtflankenwinkel  $\alpha$  einschließen, wobei sich die Lage dieser beiden Tangenten mit Hilfe trigonometrischer Funktionen oder durch Berechnung des Bogenmaßes ermittelt läßt.

- 10 Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass sich der genannte Einfallswinkel  $\beta$  ähnlich durch die Erfassung der Lage der einzelnen Laserstrahl-Richtungsachse LSRA1, LSRA2 und einer parallel zum Oberflächenbereich der Glattblechschale 10 verlaufenden Richtungsachse RA mit Hilfe trigonometrischer Funktionen oder durch Berechnung des Bogenmaßes ermittelt lässt, wobei die Achsenlage der Richtungsachse RA (durchaus) mit derjenigen der Schweißstoß-Tangente SST übereinstimmen wird.

- Es wird angestrebt, dass durch die geregelte Veränderung des Einfallswinkels  $\beta$  des einzelnen Laserstrahls 16, 17 unter praxisnahen Bedingungen ein Nahtflankenwinkel  $\alpha$  schweißtechnisch umgesetzt wird, dessen Winkelbereich zwischen  $40^\circ$  und  $50^\circ$  tolerieren wird, wobei praktisch eine Nahtlage NL von etwa plus 0,5 mm angestrebt wird.

- Zurückkommend auf das Blockschaltbild der Fig. 1 wird dort eine Anordnung zur Regelung der Nahtlage NL einer stringerversteiften Glattblechschale 10 vorgestellt, die aus mehreren informationstechnisch, seriell (in einem Regelkreis) verbundenen Anlagenkomponenten und einer integrierten Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 besteht. Die Anlagenkomponenten beziehen sich auf eine Nahtlage-Komponente 1 zur Veränderung der Nahtlage NL und eine Laserschweiß-Prozeß-Komponente 2 mit zwei integrierten Laserschweißquellen 14, 15 zur Realisierung der einzelnen Laserschweißnaht (13, 131), die über Informationsleitungen in Reihe verbunden sind. Die Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 wird mit einem Regler ausgeführt, der ein als Proportionalregler (P-Regler) ausgebildeter elektronischer Einweg-Regler ist. Außerdem ist der Anordnung eine Sensoreinrichtung 4 integriert, die unmittelbar an oder nahegelegen der Laserschweiß-Prozeß-Komponente 2 befestigt ist. Die Sensoreinrichtung 4 umfaßt zwei Sensorkomponenten 41, 42, die jeweils links- und rechtsseitig des Stringer-Querschnitts gelegen (nach dem Vorbild der Fig. 3) positioniert sind. Es werden optische Sensorkomponenten 41, 42 eingesetzt, die beispielsweise einen Lichtschnittsensor aufweisen. Die Befestigung der Sensoreinrichtung 4 erfolgt dermaßen, dass die Sensorkomponenten 41, 42 nach- und gleichlaufend der mit Schweißgeschwindigkeit sich horizontal bewegendes Laserschweißquellen 14, 15 angeordnet sind. Daraus erklärt sich auch die Lage der Sensorkomponenten 41, 42, die neben- und nahegelegen der einzelnen Laserschweißnaht 13, 131 bzw. nebengelegen dem Schweißstoß 12 (Stringer-Haut-Stoß) positioniert sind, deren Sensorkopf auf die betreffende Laserschweißnaht 13, 131 gerichtet ist, um die Geometrie (das geometrische Abbild) der einzelnen gezogenen Laserschweißnaht 13, 131 (randseitlich dem Schweißstoß 12) optisch zu erfassen.



Weil die Funktion der als Lichtschnittsensor (als Falldorf-Sensor) ausgebildeten einzelnen optischen

Sensorkomponente 14, 15 an sich durch die Fa. Falldorf & Co. GmbH der Fachwelt, wie einleitend

angegeben, bekannt ist, der eine Geometrievermessung von Schweißnähten mit dem bekannten

Lichtschnittverfahren umsetzt und sich für die optische Erfassung der qualitätsbestimmenden

5 Schweißnaht-Kenngrößen (parametrische Auswertung des Oberflächenprofils, beispielsweise einen Nahtenfall, Kantenlage bzw. Kantenversatz) eignet, wird nicht näher auf dessen

Anwendungsmöglichkeit zur Erfassung des optischen Abbildes der einzelnen Laserschweißnaht

13,131 eingegangen. Diese Sensorkomponenten 41, 42 der Sensoreinrichtung 4 realisieren die

optische Erfassung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  und (ggf.) der Nahtlage NL und transformieren das (die)

10 Ergebnis(se) der optischen Messung in eine signalgewandelte Sensorinformation A, das über eine gemeinsam benutzte Informationsleitung 6, die dem ersten Eingang 32 der Nahtlagen-

Regeleinrichtung 3 informationstechnisch verbunden ist, letzterer übermittelt wird.

Die Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 ist intern mit einer Schaltung S ausgestattet ist, die in der Fig. 2

dargestellt ist. Die Schaltung S umfasst mehrere Schaltungskomponenten, die funktionell verbunden

sind. Die Schaltung S ist - aufgrund der funktionellen Verknüpfung der einzelnen

Schaltungskomponenten - befähigt, einen Informationsvergleich der während des Schweißvorganges

(kontinuierlich) zugeführten (schaltungsextern bezogenen) Sensor-Information(en) A mit einer

Sollgrößen-Information B des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  umsetzen. Danach wird aus dem

20 Vergleichsergebnis eine Regelgröße D für die Veränderung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  generiert, die

am Ausgang 31 der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 bereitgestellt und der Nahtlage-Komponente 1 zur Veränderung der Nahtlage NL zugeführt wird.

Um die Funktion der Schaltung S verständlicher zu machen, wird - vorgreifend den Ausführungen

25 hinsichtlich der Fig. 1 - näher auf die Schaltungsanordnung nach der Fig. 2 eingegangen. In der Fig.

2 wird eine Anordnung mehrerer Schaltungskomponenten und deren funktionelle Verknüpfung

gezeigt. Die Schaltung S umfasst eine Vergleichskomponente 35, eine Speicherkomponente 34, eine

Wandlerkomponente 36 und eine (wahlweise angeordnete) Schwellwertkomponente 37. Letztere wird

der Schaltung S hauptsächlich aus Gründen der zuverlässigen Bereitstellung einer Sollgrößen-

30 Information des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  integriert, die mit der erwähnten Sensor-Information A (als

Istgrößen-Information des Nahtflankenwinkels  $\alpha$ ) verglichen wird, deren wahlweise Verwendung

nachfolgend deutlicher wird. Mit deren schaltungstechnischen Berücksichtigung wird erreicht, dass

man unter gestörten Bedingungen während der Schweißdurchführung auch eine gespeicherte

Sollgrößen-Information C abrufen kann, um dennoch einen Nahtflankenwinkel  $\alpha$  mit den geforderten

35 Toleranzwerten zu erzielen.

Die Vergleichskomponente 35 ist eingangsseitig mit dem erwähnten ersten Eingang 32 der

Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 verbunden, über den ihr die genannten Sensor-Informationen A zugeleitet werden.

40



Weiterhin ist einem zweiten Eingang 33 der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 eine externe Informationsleitung 5 angeschlossen, die ebenfalls einem weiteren Eingang der Vergleichskomponente 35 zugeschaltet ist. Über diese externe Informationsleitung 5 wird der Vergleichskomponente 35 (im Normalfall) eine schaltungsextern eingespeiste Sollgrößen-Information B des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  zugeleitet. Außerdem ist einem dritten Eingang der Vergleichskomponente 35 eine Verbindung mit der Speicherkomponente 34 zugeschaltet, über welche (nur bei Ausfall oder Störung auf der externen Informationsleitung 5 und demzufolge einem Ausbleiben der Sollgrößen-Information B) eine schaltungsintern gespeicherte Sollgrößen-Information C von der Speicherkomponente 34 zugeleitet wird. Die Schwellwertkomponente 37, welche befähigt ist, den korrekten Informationsinhalt der Sollgrößen-Information B anhand eines informationstechnischen Schwellwertes festzustellen, wird bei dessen korrekter Feststellung den direkten Informationsweg über die externe Informationsleitung 5 freischalten (veranlassen).

Anderenfalls wird die Schwellwertkomponente 37 bei Unterschreitung eines informationstechnischen Schwellwertes, der eine festgestellte Störung oder eine ausbleibende Sollgrößen-Information B signalisiert, über eine der Vergleichskomponente 35 eingangsseitig angeschlossene weitere Verbindung eine Schwellwert-Information SI übertragen, welche der Vergleichskomponente 35 das Ausbleiben der Sollgrößen-Information B signalisiert.

Die Vergleichskomponente 35 wird daraufhin von der Speicherkomponente 34 die gespeicherte (fest vorgegebenen) Sollgrößen-Information C anfordern. Sofern eine der beiden Sollgrößen-Informationen B, C der Vergleichskomponente 35 verfügbar ist, wird letztere einen Vergleich der ihr während des Schweißvorganges zugeführten Sensor-Information(en) A mit der entsprechenden Sollgrößen-Information B, C vornehmen. Das ermittelte Ergebnis des Soll-Ist-Vergleiches wird in einer Vergleichsergebnis-Information E zusammen gefasst, das die Vergleichskomponente 35 über eine der Wandlerkomponente 36 angeschlossene Verbindung letzterer übermittelt. Die Wandlerkomponente 36 wird daraufhin die erhaltene Vergleichsergebnis-Information E in eine Regelgröße D des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  generieren, das am Ausgang 31 der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 abrufbar ist. Der Ausgang 31 ist der Wandlerkomponente 36 ausgangsseitig verbunden.

Es bleibt zu erwähnen, dass man auf die Schwellwertkomponente 37 durchaus verzichten kann, die deshalb wahlweise der Schaltung S integriert ist, nur lässt sich dann mit ihr keine Störung oder das Ausbleiben der extern zugeführten Sollgrößen-Information B feststellen und möglichenfalls hilfsweise die Bereitstellung der gespeicherten Sollgrößen-Information C beeinflussen. Sofern keine Schwellwertkomponente 37 berücksichtigt wird, wird die Sollwert-Information B dann die Vergleichskomponente 35 auf direktem Leitungsweg erreichen.



Auch soll nicht unerwähnt bleiben, dass möglicherweise signalgewandelte Störgrößen-Information(en) X, welche beispielsweise einen Bauteilverzug, ein Verkippen des Stringers 11 auf der Glattblechschale 10 oder sonstige Störgrößen-Information(en) von externen Anlagekomponenten der benutzten Schweißanlage kundtun, zusätzlich (der an die Vergleichskomponente 35 übermittelten Informationen) der Vergleichskomponente 35 auf dem externen Leitungsweg zugeleitet werden, welche mit in den stattfindenden Informationsvergleich einbezogen werden. Diese Störgrößen-Information X erreicht in der Regel die Laserschweiß-Prozeß-Komponente 2 (nach der Fig. 1), die daraufhin möglichenfalls den Laserschweißprozeß erst gar nicht einleitet oder diesen sofort abbricht. Ein Gleiches würde die Vergleichskomponente 35 veranlassen.

Zurückkommend auf das Blockschaltbild nach der Fig. 1 wird fortgesetzt, dass der Eingang 1A der Nahtlage-Komponente 1 dem Ausgang 31 der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 informationstechnisch verbunden ist. Über diesen Leitungsweg wird der Nahtlage-Komponente 1 die schaltungsgenerierte Regelgröße D für die Veränderung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  zugeführt.

Die Nahtlage-Komponente 1 wird daraufhin eine Veränderung der Nahtlage NL dermaßen informationstechnisch umsetzen, wonach von ihr auf der Basis der erreichten Regelgröße D eine Stellinformation zur lokalen Veränderung der Hauptachsen (möglicherweise durch Inanspruchnahme von weiteren Hilfsachsen), auf denen die Laserschweißquellen 14, 15 der Laser-Prozeß-Komponente 2 (nach der Fig. 3) sich bewegen, gebildet und an die Laser-Prozeß-Komponente 2 abgegeben wird. Letztere veranlasst daraufhin, wie bereits hinsichtlich der Fig. 3 angedeutet, eine Positionsveränderung der örtlichen Lage der Laserschweißquellen 14, 15 bzw. deren Laserstrahlköpfe, wodurch aufgrund der veränderten Lage der Laserstrahlköpfe der erste und zweite Laserstrahl 16, 17 der ersten und zweiten Laserschweißquelle 14, 15 unter einem veränderten Einfallswinkel  $\beta$  in die laserzuschweißenden Teile eintreten werden. Der Schweißprozeß wird beschrieben geschehen, wobei eine Veränderung der Nahtlage NL der betreffenden Laserschweißnaht 13, 131 eintreffen wird.

Es bleibt zu erwähnen, dass beabsichtigt wird, den Nahtflankenwinkel  $\alpha$  trotz bestehenden Einfluss von geringfügig wirkenden Störgrößen (Lagetoleranz des Laserstrahls, Toleranzen des taktilen Sensors zur Erfassung des Schweißstoßes 12, Torsion und Verbiegen des Stringers 11 durch Rollenführung) konstant zu halten.

Dabei besteht die Notwendigkeit, dass die vorbeschriebenen optischen Sensoren der Sensor-Komponenten 41, 42 möglichst dicht an den gezogenen Laserschweißnähten 13, 131 anzuordnen sind, um das geometrische Abbild der Laserschweißnähte 13, 131 vollständig und schnell sowie genau zu erfassen



Hinsichtlich der Fig. 4 wird ergänzt, dass der Fachmann – mit einem Blick auf die Fig. 3 - aus dieser Darstellung die Abhängigkeit des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  von der Nahtlage NL entnehmen wird. Die real unter Praxisbedingungen gemessenen und bildlich dargestellten Werte offenbaren, dass der Nahtflankenwinkel  $\alpha$  proportional zu Nahtlage NL ist.

5

Das Verfahren zur Regelung der Nahtlage NL einer stringerversteiften Glattblechschale 10 wird mit der vorgestellten Anordnung nach den Figuren 1 bis 2 durchgeführt, bei dem die zu schweißenden Teile nach dem Vorbild der Fig. 3 (bereits durch zwei Schweißnähte 13, 131 verbunden) positioniert werden. Dabei wird die Stirnfläche des Stringers 11 rechtwinklig und im Schweißstoß 12 (Schale-Stringer-Stoß) auf der Oberfläche der Glattblechschale 10 angeordnet, die anfänglich auf den nachfolgend geschilderten Laserschweißprozess vorbereitet werden. Das Verfahren wird (vor der eigentlichen Schweißdurchführung) mit einer Justierung der Lage der zwei Laserstrahlquellen 14, 15 (Laserstrahlköpfe) beginnen, die auf Basis einer anfänglichen optischen Vermessung des Schweißstoßes 12 mit einer dementsprechend korrelierenden Regelgröße D für die Veränderung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  durch die Nahtlage-Komponente 1 justiert werden. Danach wird auf Basis dieser Regelgröße D die Glattblechschale 10 und der Stringer 11 randseitlich am Schweißstoß 12 durch zwei mit jeweils einem Laserstrahl 15, 16 geschweißte Laserschweißnähte 13, 131 zu einem Schweißteil vereinigt werden.

10

15

20 Der jeweils von einer Laserstrahlquelle 14, 15 ausgestrahlte Laserstrahl 16, 17 wird unter einem Einfallswinkel  $\beta$  auf den randseitlichen Bereich des Schweißstoßes 12 gerichtet. Die Laserstrahlquelle 14, 15 wird nebengelegen dem Stringer-Querschnitt (nach der Fig. 3) mit Schweißgeschwindigkeit bewegt.

25 Daran schließt sich die eigentliche Durchführung des Verfahrens an, das nach den folgenden Schritten a) bis c) realisiert wird.

Zunächst wird

a) die Ist-Größe des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  durch die mit Schweißgeschwindigkeit nachlaufende Sensoreinrichtung 4 sensitiv optisch erfasst, die von letzterer danach in eine signalgewandelte Sensor-Information A umgesetzt wird und dann von der Sensoreinrichtung 4 an die Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 informationstechnisch übermittelt wird.

30

Darauffolgend wird

b) die signalgewandelte Sensor-Information A von einer Vergleichskomponente 35 der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 mit einer extern zugeführten Sollgrößen-Information B oder einer intern gespeicherten Sollgrößen-Information (C) informationstechnisch verglichen, wobei die transferierte Sollgrößen-Information B (des Nahtflankenwinkels  $\alpha$ ) über eine der Vergleichskomponente 35 direkt verbundene externen Informationsleitung 5 und die gespeicherte Sollgrößen-Information C von einer der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 wahlweise integrierten Speicherkomponente 34, die intern der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 angeordnet ist, bezogen werden.

35

40



Aus den verglichenen Informationen wird dann durch die Vergleichskomponente 35 eine Vergleichsergebnis-Information E ermittelt, welche durch eine der Vergleichskomponente 35 informationstechnisch verbundene Wandlerkomponente 36 der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 danach zu der Regelgröße D generiert wird, das von der Wandlerkomponente 36 nach geschehener

5 Generierung an die Nahtlage-Komponente 1 informationstechnisch übermittelt wird

Darauffolgend wird

c) die Nahtlage-Komponente 1 einen (der Vergleichsergebnis-Information E entsprechenden) Stellgrößenwert an eine Laserschweiß-Prozeß-Komponente 2 abgeben, die auf Grund des erhaltenen

10 Stellbefehls daraufhin eine Korrektur der lokalen Lage der beiden Laserstrahlquellen 14, 15 durch Positionsveränderung der Laserstrahlköpfe der Laserschweißquellen 14, 15 vornehmen wird. Dabei wird die Ausgangsposition der Laserstrahlquellen 14, 15 in korrigierender Achsenrichtung im 3-dimensionalen Raum dermaßen verändert, dass gleichermaßen der Einfallswinkel  $\beta$  des einzelnen Laserstrahls 16, 17 und dessen Eintrittslage (im Vergleich der Ausgangsposition) in den randseitlichen

15 Bereich des Schweißstoßes 12 zugunsten der Veränderung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  korrigiert verändert wird, sofern durch die Ermittlung der Vergleichsergebnis-Information E nach Schritt b) eine Abweichung der Sensor-Information A von der Sollgrößen-Information B eintreffen wird.

Die Verwendung einer Schwellwertkomponente 37 und deren Funktion (Arbeitsweise), die der

20 Nahtlagen-Regeleinrichtung 3 ebenfalls integriert ist, sofern man nicht auf die Speicherkomponente 34 verzichtet, wird hinsichtlich der vorgestellten Anordnung ausreichend beschrieben.

Das angegebene Verfahren wird durch weitere ausgestaltende Maßnahmen, die nachfolgend angegeben werden, ergänzt. Danach wird vorgesehen, dass, wie vorher angedeutet, nach der

25 geschenehen Positionierung der zu schweißenden Teile vor dem Beginn des Laserschweißprozesses deren Schweißstoß 12 mit der Sensoreinrichtung (4) sensitiv optisch erfasst und daraus die wertmäßige Vorgabe der zugeführten oder gespeicherten Sollgrößen-Information B, C abgeleitet wird. Ferner werden die verschiedenen Störgrößen-Informationen, die während des

30 Laserschweißprozesses auf letzteren und insbesondere auch auf den Istwert des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  einen Einfluss ausüben, der Nahtlage-Regeleinrichtung 3 übermittelt, die, sofern die sensitive Erfassung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  während des Laserschweißprozesses ausfällt, anstelle der signalgewandelten Sensor-Information A zum Vergleich mit den Sollgrößen-Informationen B, C herangezogen werden. Weiter wird vorgesehen, dass durch die Veränderung des Einfallswinkels  $\beta$  des einzelnen Laserstrahls 16, 17 ein Nahtflankenwinkel  $\alpha$  schweißtechnisch umgesetzt wird, dessen

35 Winkelbereich zwischen  $40^\circ$  und  $50^\circ$  tolerieren wird.



Auch wird vorgesehen, dass die Nahtlage NL durch die sensitive Erfassung eines Abstandes AS ermittelt wird, der an einer dem nicht lasergeschweißten Stringer 11 angelegten und vertikal gelegenen Stringertangente ST vermessen wird, wobei der Abstand AS durch einen Laserstrahl-Eintrittspunkt LEP, durch den der einzelne Laserstrahl 16, 17 in das nicht lasergeschweißte Teil (in den nicht lasergeschweißten Stringer 11) eindringen wird, und einen Schweißstoß-Schnittpunkt SSP eingegrenzt wird, durch den eine Schweißstoß-Tangente SST treten wird, die im Bereich des Schweißstoßes 12 an den Oberflächenbereich der Glattblechschale 10 gelegt wird. Die Nahtlage NL wird etwa plus 0,5 mm betragen. Auch ist vorgesehen, dass der Nahtflankenwinkel  $\alpha$ , der von einer Schweißnaht-Tangente SNT, die an den oberen Bereich der einzelnen Schweißnaht 13, 131 angelegt wird, und der Schweißstoß-Tangente SST, die im Bereich des Schweißstoßes 12 an den Oberflächenbereich der Glattblechschale 10 gelegt wird, eingeschlossen wird, durch sensitive Erfassung der Tangentenlage der beiden Tangenten SNT, SST und anschließende Berechnung des Bogenmaßes oder nach trigonometrischen Funktionen ermittelt wird. Weiterhin wird vorgesehen, dass der Einfallswinkel  $\beta$ , der von einer jeweiligen Laserstrahl-Richtungsachse LSRA1, LSRA2 des einzelnen Laserstrahls 15, 16 und einer parallel zum Oberflächenbereich der Glattblechschale 10 verlaufenden Richtungsachse RA eingeschlossen wird, durch sensitive Erfassung der Achsenlagen und anschließende Berechnung des Bogenmaßes oder nach trigonometrischen Funktionen ermittelt wird.

- 20 Abschließend werden folgende Bemerkungen gemacht, mit denen eine Zusammenfassung der voran gestellten Ausführungen in vereinfachter Darstellung gegeben wird.

Bisher werden sogenannte Lichtschnittsensoren (Falldorf-Sensoren) bei herkömmlichen Laserschweißprozessen eingesetzt, um vor dem Schweißprozess den Schweißstoß der nicht geschweißten Teile zu erfassen, oder aber die erzeugte Laserschweißnaht an lasergeschweißten Teilen hinsichtlich deren Oberflächengeometrie nach dem Schweißprozeß zu überwachen. Diese bekannte Maßnahme wird eingangs hinreichend erläutert. Die Erfindung verfolgt einen anderen Gedanken, wonach die Position der Schweiß(wärme)quelle [Laserschweißquelle] nach geschehener Schweißnahtlegung, also unmittelbar nachlaufend der Schweiß(wärme)quelle, anhand der gemessenen Oberflächengeometrie der gezogenen Laserschweißnaht geregelt wird. Durch diese Regelung soll eine Verbesserung der Oberflächengeometrie und insbesondere des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  erzielt werden. Dieses ist sinnvoll, weil die Oberflächengeometrie respektive dieser Nahtflankenwinkel  $\alpha$  eine wesentliche Ausgangsgröße des Laserschweißprozesses darstellt. Dabei wird vorgesehen, dass der Lichtschnittsensor unmittelbar hinter dem Laserschweißprozeß (nachlaufend der gezogenen Laserschweißnaht) angeordnet ist. Er wird aus der gemessenen Geometrie der Laserschweißnaht einen Kennwert für die Regelung der Position der Laserschweißquelle generieren. Dabei wird eine Lageregelung der Laserschweißquelle auf der Basis der erzeugten Nahtgeometrie (des erfassten Nahtflankenwinkels  $\alpha$  und korrelierend der Nahtlage NL) realisiert.



Die Lösung erfolgt mit Hilfe der vorgeschlagenen Regelung der Nahtlage NL in Abhängigkeit des unmittelbar nach dem Schweißen gemessenen Nahtflankenwinkels  $\alpha$  an der gezogenen Laserschweißnaht. Dieses ist möglich, weil ein systematischer und linearer Zusammenhang zwischen der Eingangsgröße : "Nahtlage NL" und der Ausgangsgröße: „Nahtflankenwinkels  $\alpha$ “ besteht. Dabei

5 stehen einer Laserschweißanlage entsprechende Zusatzachsen (Hilfsachsen) zur Ausführung der erforderlichen Korrekturbewegung an einer laserstrahlabgebenden Laserschweißquelle zur Verfügung, um eine ortsveränderbare Bewegung des Laserstrahls zugunsten der qualitativen Veränderung des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  und der korrelierenden Nahtlage NL umzusetzen. Mit der

10 Regelung werden folgende Vorteile erreicht, nach denen der Aufwand (Kosten und Zeit) für das erforderliche Nachschweißen der bereits gezogenen Laserschweißnaht, wenn der Nahtflankenwinkel  $\alpha$  außerhalb der zulässigen Toleranz liegen sollte, entfallen wird. Die Bauteilqualität der Schweißteile wird durch geringe Schwankungen des Nahtflankenwinkels  $\alpha$  erhöht. Es wird eine Verringerung der Ausschussquote beim geregelten Laserstrahlschweißen (auch ggf. beim Nachschweißen) umgesetzt.



## Patentansprüche

1. Anordnung zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils, wobei die zu  
fügenden Teile, von denen die Stirnfläche eines Fügepartners rechtwinklig auf die Oberfläche  
des Profils stößt, beiderseitig des Fügepartners randseitlich am Schweißstoß (12) durch zwei  
mit jeweils einem Laserstrahl (16, 17) geschweißte Laserschweißnähte (13, 131) zu einem  
Schweißteil vereinigt sind, die aus mehreren seriell angeordneten und informationstechnisch  
verbundenen Anlagenkomponenten, davon eine Nahtlage-Komponente (1) zur Veränderung  
der Nahtlage (NL) und eine Laserschweiß-Prozeß-Komponente (2) mit zwei integrierten  
Laserschweißquellen (14, 15) zur Realisierung der einzelnen Laserschweißnaht (13, 131),  
aufgebaut ist, und der eine Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) integriert ist, deren Ausgang (31)  
der Nahtlage-Komponente (1) informationstechnisch verbunden ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass unmittelbar an oder nahe der Laserschweiß-Prozeß-  
Komponente (2) eine Sensoreinrichtung (4) zur Erfassung eines Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) der  
erzeugten Laserschweißnaht (13, 131) installiert ist, die nachlaufend der mit  
Schweißgeschwindigkeit sich (horizontal) bewegenden Laserschweißquellen (14, 15)  
angeordnet ist, außerdem die Sensoreinrichtung (4) mit der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3)  
informationstechnisch verbunden ist, welche die signalgewandelten Sensor-Informationen (A)  
des sensitiv erfassten Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) an einem ersten Eingang (32) aufnimmt, wobei  
die Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) intern mit einer Schaltung (S) ausgestattet ist, die aus der  
Verknüpfung mehrerer funktionell geschalteter Schaltungskomponenten integriert ist, und die  
Schaltung (S) befähigt ist, einen Informationsvergleich der während des Schweißvorganges  
(kontinuierlich) zugeführten schaltungsextern bezogenen Sensor-Informationen (A) mit einer  
Sollgrößen-Information (B) des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) umsetzen und nach einem  
geschehenem Informationsvergleich aus dem Vergleichsergebnis eine Regelgröße (D) für die  
Veränderung des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) zu generieren, die am Ausgang (31) der Nahtlagen-  
Regeleinrichtung (3) bereitgestellt und der Nahtlage-Komponente (1) zur Veränderung der  
Nahtlage (NL) zugeführt wird.



2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Eingang (1A) der Nahtlage-Komponente (1) mit dem Ausgang (31) der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) informationstechnisch verbunden ist.

5 3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass einem zweiten Eingang (33) der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) eine Informationsleitung (5) angeschlossen ist, die zur Übermittlung der schaltungsextern bezogenen Sollgrößen-Information (B) des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) eingesetzt ist, anderenfalls eine gespeicherte Sollgrößen-Information (C) schaltungsintern einer wahlweise der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) installierten Speicherkomponente (34) abrufbar ist.

10

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaltung (S) der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) wenigstens eine Vergleichskomponente (35) zum Vergleich der ihr während des Schweißvorganges zugeführten Sensor-Informationen (A) mit der entsprechenden Sollgrößen-Information (B, C) und eine Wandlerkomponente (36) zur Generierung einer Regelgröße (D) für Veränderung des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ), den sie aus einer von der Vergleichskomponente (35) empfangenen Vergleichsergebnis-Information (E) generieren wird, integriert ist.

20 5. Anordnung nach den Ansprüchen 1, 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die wahlweise installierte Speicherkomponente (34) und / oder der zweite Eingang (33) der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) mit der Vergleichskomponente (35) und letztere mit dem ersten Eingang (32) der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) verbunden ist, wobei ein Ausgang (38) der Vergleichskomponente (35) der Wandlerkomponente (36) eingangsseitig

25

angeschlossen ist, die ausgangsseitig mit dem Ausgang (31) der Nahtlage-Komponente (1) verbunden ist.

30 6. Anordnung nach den Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Informationsleitung (5) der Vergleichskomponente (35) angeschlossen ist.

35 7. Anordnung nach den Ansprüchen 1 und 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Nahtlage-Regeleinrichtung (3) eine zuschaltbare Schwellwert-Komponente (37) installiert ist, die mit der Vergleichskomponente (35) verbunden ist, mit der bei einer Unterbrechung der Bereitstellung der schaltungsextern bezogenen Sollgrößen-Information (B) über die Informationsleitung (5) mittels einer Schwellwertinformation (SI) die informationstechnische Verbindung der Speicherkomponente (34) zur Vergleichskomponente (35) veranlasst wird, wodurch letztere die gespeicherte Sollgrößen-Information (C) erreichen wird.

40



8. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Sensorkomponente (41, 42) der Sensoreinrichtung (4) integriert ist, deren informationserfassender Sensorkopf nahegelegen der Laserschweißnaht (13) positioniert und auf den Schweißstoß (12) gerichtet ist.

5

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensoreinrichtung (4) zwei Sensor-Komponenten (41, 42) integriert sind, die nebengelegen der einzelnen Laserschweißnaht (13, 131) angeordnet sind.

10

10. Anordnung nach den Ansprüchen 1, 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass den Sensorkomponenten (41, 42) eine weitere Informationsleitung (6), die von beiden gemeinsam benutzt wird, verbunden ist, über welche sie die erfassten Sensor-Informationen (A) bereitstellen, wobei diese weitere Informationsleitung (6) dem ersten Eingang (32) der Nahtlage-Regeleinrichtung (3) angeschlossen ist.

11. Anordnung nach den Ansprüchen 1 und 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorkomponenten (41, 42) mit einem Lichtschnittsensor, der die Geometrie der einzelnen Laserschweißnaht (13, 131) randseitlich dem Schweißstoß (12) optisch erfasst, realisiert sind.

20

12. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nahtlage-Regeleinrichtung (3) ein als proportionaler oder differentialer Regler ausgebildeter Einweg-Regler ist.



13. Verfahren zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils mit der Anordnung nach Anspruch 1, bei dem die zu fügenden Teile, von denen die Stirnfläche des Fügepartners rechtwinklig und im Schweißstoß (12) auf der Oberfläche des Profils angeordnet wird, anfänglich auf den nachfolgenden Laserschweißprozeß vorbereitet werden, darauffolgend die Lage zweier Laserstahlquellen (14, 15), die mit einer Regelgröße (D) für die Veränderung des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ), welche einer Sollgrößen-Information (B, C) des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) entsprechen wird, durch die Nahtlage-Komponente (1) justiert wird, danach das Profil und der Fügepartner randseitlich am Schweißstoß (12) durch zwei mit jeweils einem Laserstrahl (15, 16) geschweißte Laserschweißnähte (13, 131) zu einem Schweißteil vereinigt werden, wobei der einzelne Laserstrahl (16, 17) jeweils von einer Laserstrahlquelle (14, 15), die nebengelegen der lotrecht aufgespannten Seitenfläche des Fügepartners und seitwärts des Schweißstoßes (12) mit Schweißgeschwindigkeit bewegt wird, mit einem Einfallswinkel ( $\beta$ ) auf den randseitlichen Bereich des Schweißstoßes (12) gerichtet wird,
- gekennzeichnet durch die nachfolgenden Schritte, nach denen
- a) darauffolgend die Ist-Größe des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) durch die mit Schweißgeschwindigkeit nachlaufende Sensoreinrichtung (4) sensitiv optisch erfasst wird und von letzterer danach in eine signalgewandelte Sensor-Information (A) umgesetzt wird, welche dann von der Sensoreinrichtung (4) an die Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) informationstechnisch übermittelt wird,
- b) darauffolgend die signalgewandelte Sensor-Information (A) von der Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) mit einer extern zugeführten Sollgrößen-Information (B) oder intern gespeicherten Sollgrößen-Information (C) informationstechnisch verglichen wird, die aus den verglichenen Informationen darauffolgend eine Vergleichsergebnis-Information (E) ermitteln wird, welche die Nahtlagen-Regeleinrichtung (3) dann zu der Regelgröße (D) generieren wird, das von ihr danach an die Nahtlage-Komponente (1) informationstechnisch übermittelt wird,
- c) darauffolgend die Nahtlage-Komponente (1) eine Korrektur der Lage der beiden Laserstahlquellen (14, 15) durch bewegend Veränderung von deren Ausgangsposition in korrigierender Achsenrichtung im 3-dimensionalen Raum vornehmen wird, wodurch die Eintrittslage des einzelnen Laserstrahls (16, 17) in den randseitlichen Bereich des Schweißstoßes (12) zugunsten der Veränderung des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) verändert wird, sofern durch die Ermittlung der Vergleichsergebnis-Information (E) nach Schritt b) eine Abweichung der Sensor-Information (A) von der Sollgrößen-Information (B) eintreffen wird.



14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass nach der geschehenen Positionierung der zu schweißenden Teile vor dem Beginn des Laserschweißprozesses deren Schweißstoß (12) mit der Sensoreinrichtung (4) sensitiv optisch erfasst und daraus die wertmäßige Vorgabe der zugeführten oder gespeicherten Sollgrößen-Information (B, C) abgeleitet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Störgrößen-Informationen, die während des Laserschweißprozesses auf letzteren und insbesondere auch auf den Istwert des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) einen Einfluß ausüben, der Nahtlage-Regaleinrichtung (3) übermittelt werden, die, sofern die sensitive Erfassung des Nahtflankenwinkels ( $\alpha$ ) während des Laserschweißprozesses ausfällt, anstelle der signalgewandelten Sensor-Information (A) zum Vergleich mit den Sollgrößen-Informationen (B, C) herangezogen werden.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Veränderung des Einfallswinkels ( $\beta$ ) des einzelnen Laserstrahls (16, 17) ein Nahtflankenwinkel ( $\alpha$ ) schweißtechnisch umgesetzt wird, dessen Winkelbereich zwischen 40° und 50° tolerieren wird.

17. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Nahtlage (NL) durch die sensitive Erfassung eines Abstandes (AS) ermittelt wird, der an einer dem nicht lasergeschweißten Fügepartner angelegten und vertikal gelegenen Tangente des Fügepartners vermessen wird, wobei der Abstand (AS) durch einen Laserstrahl-Eintrittspunkt (LEP), durch den der einzelne Laserstrahl (16, 17) in den nicht lasergeschweißten Fügepartner eindringen wird, und einen Schweißstoß-Schnittpunkt (SSP), durch den eine Schweißstoß-Tangente (SST) treten wird, eingegrenzt wird, die im Bereich des Schweißstoßes (12) an den Oberflächenbereich des Profils gelegt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Nahtlage (NL) je nach Dicke des aufzuschweißenden Fügepartners zwischen plus 0,3 mm und plus 0,5 mm tolerieren wird.

19. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Nahtflankenwinkel ( $\alpha$ ), der von einer Schweißnaht-Tangente (SNT), die an den oberen Bereich der einzelnen Schweißnaht (13, 131) angelegt wird, und der Schweißstoß-Tangente (SST), die im Bereich des Schweißstoßes (12) an den Oberflächenbereich des Profils gelegt wird, eingeschlossen wird, durch sensitive Erfassung der Tangentenlage der beiden Tangenten (SNT, SST) und anschließende Berechnung des Bogenmaßes oder nach trigonometrischen Funktionen ermittelt wird.



20. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallswinkel ( $\beta$ ), der von einer Laserstrahl-Richtungsachse (LSRA1, LSRA2) des einzelnen Laserstrahls (15, 16) und einer parallel zum Oberflächenbereich des Profils verlaufenden Richtungsachse (RA) eingeschlossen wird, durch sensitive Erfassung der Achsenlagen und anschließende Berechnung des Bogenmaßes oder nach trigonometrischen Funktionen ermittelt wird.

5

21. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle des Profils eine Glattblechschale (10) und anstelle des Fügepartners ein Stringer (11) anfänglich auf den nachfolgenden Laserschweißprozess vorbereitet werden.

10



**Zusammenfassung****Anordnung und Verfahren zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils**

- 5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 13.

- Mit der Erfindung wird eine Anordnung und ein Verfahren zur Regelung der Nahtlage eines laserstrahlgefügt Profils aufgezeigt, mit der die Position und / oder die Lage einer  
10 Laserschweißquelle während des Schweißvorganges dermaßen beeinflusst wird, dass durch geregelte Einflussnahme auf die Nahtlage und den Nahtflankenwinkel der erzeugten Schweißnaht deren Oberflächengeometrie verbessert wird.

- Die Anordnung bezieht sich auf eine regelungstechnische Verknüpfung von Anlagenkomponenten, wobei die zu schweißenden Teile, von denen die Stirnfläche eines Fügepartners rechtwinklig auf die Oberfläche eines Profils stößt, beiderseitig des Querschnitts des Fügepartners randseitlich am Schweißstoß durch zwei mit jeweils einem Laserstrahl geschweißte Laserschweißnähte zu einem Schweißteil vereinigt sind. Sie ist aus einer Nahtlage-Komponente, einer Laserschweiß-Prozeß-Komponente, einer Nahtlagen-Regeleinrichtung und einer Sensoreinrichtung aufgebaut. Unmittelbar  
20 an oder nahe der Laserschweiß-Prozeß-Komponente ist eine Sensoreinrichtung zur Erfassung eines Nahtflankenwinkels der erzeugten Laserschweißnaht installiert, die nachlaufend der mit Schweißgeschwindigkeit sich (horizontal) bewegend Laserschweißquellen angeordnet ist. Außerdem ist die Sensoreinrichtung mit der Nahtlagen-Regeleinrichtung informationstechnisch verbunden, welche die signalgewandelten Sensor-Informationen des sensitiv erfassten  
25 Nahtflankenwinkels an einem ersten Eingang aufnimmt. Die Nahtlagen-Regeleinrichtung ist intern mit einer Schaltung ausgestattet, die aus der Verknüpfung mehrerer funktionell geschalteter Schaltungskomponenten integriert ist. Die Schaltung ist befähigt, einen Informationsvergleich der während des Schweißvorganges (kontinuierlich) zugeführten schaltungsextern bezogenen Sensor-Informationen mit einer Sollgrößen-Information des Nahtflankenwinkels umsetzen und nach einem  
30 geschehenen Informationsvergleich aus dem Vergleichsergebnis eine Regelgröße für die Veränderung des Nahtflankenwinkels zu generieren, die am Ausgang der Nahtlagen-Regeleinrichtung bereitgestellt und der Nahtlage-Komponente zur Veränderung der Nahtlage zugeführt wird. Das Verfahren wird mit der Anordnung umgesetzt, nach dem die Nahtlage-Komponente eine Korrektur der Lage der beiden Laserstrahlquellen durch bewegend Veränderung von deren Ausgangsposition in  
35 korrigierender Achsenrichtung im 3-dimensionalen Raum vornehmen wird, wodurch gleichfalls der Einfallswinkel des einzelnen Laserstrahls und dessen Eintrittslage in den randseitlichen Bereich des Schweißstoßes zugunsten der Veränderung des Nahtflankenwinkels verändert wird, sofern durch die Ermittlung einer Vergleichsergebnis-Information eine Abweichung der Sensor-Information von der Sollgrößen-Information eintreffen wird.

40



**Bezugszeichen**

|    |          |  |
|----|----------|--|
|    | 1        | Nahtlage-Komponente  |
|    | 1A       | Eingang (der Nahtlage-Komponente 1)  |
| 5  | 2        | Laserschweiß-Prozeß-Komponente (mit integrierten Laserschweißquellen 14, 15) |
|    | 3        | Nahtlagen-Regeleinrichtung   |
|    | 31       | Ausgang (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                                   |
|    | 32       | erster Eingang (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                            |
|    | 33       | zweiter Eingang (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                           |
| 10 | 34       | Speicherkomponente (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                        |
|    | 35       | Vergleichskomponente (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                      |
|    | 36       | Wandlerkomponente (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                         |
|    | 37       | Schwellwert-Komponente   |
|    | 38       | Ausgang (der Vergleichskomponente 35)  |
|    | 4        | Sensoreinrichtung (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                         |
|    | 41       | Sensor-Komponente  |
|    | 42       | Sensor-Komponente  |
|    | 5        | Informationsleitung (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                       |
|    | 6        | Informationsleitung (der Sensorkomponenten 41, 42)                           |
| 20 | 10       | Glattblechschale   |
|    | 11       | Stringer   |
|    | 12       | Schweißstoß  |
|    | 13       | Laserschweißnaht   |
|    | 131      | Laserschweißnaht   |
| 25 | 14       | erste Laserschweißquelle   |
|    | 15       | zweite Laserschweißquelle  |
|    | 16       | erster Laserstrahl   |
|    | 17       | zweiter Laserstrahl  |
| 30 | $\alpha$ | Nahtflankenwinkel  |
|    | $\beta$  | Einfallswinkel   |
|    | A        | Sensor-Information (des Nahtflankenwinkels $\alpha$ )                        |
|    | B        | transferierte Sollgrößen-Information (des Nahtflankenwinkels $\alpha$ )      |
|    | C        | gespeicherte Sollgrößen-Information (des Nahtflankenwinkels $\alpha$ )       |
| 35 | D        | Regelgröße (für die Veränderung des Nahtflankenwinkels $\alpha$ )            |
|    | E        | Vergleichsergebnis-Information (der Vergleichskomponente 35)                 |
|    | X        | Störgrößen-Information (der Anlagekomponenten der Laserschweißanlage)        |



|    |       |  |
|----|-------|--|
|    | S     | Schaltung (der Nahtlagen-Regeleinrichtung 3)                             |
|    | NL    | Nahtlage   |
|    | AS    | Abstand  |
|    | ST    | Stringertangente, vertikal   |
| 5  | LEP   | Laserstrahl-Eintrittspunkt   |
|    | SSP   | Schweißstoß-Schnittpunkt   |
|    | SST   | Schweißstoß-Tangente   |
|    | SNT   | Schweißnaht-Tangente   |
|    | SI    | Schwellwert-Information  |
| 10 | LSRA1 | erste Laserstrahl-Richtungsachse   |
|    | LSRA2 | zweite Laserstrahl-Richtungsachse  |
|    | RA    | Richtungsachse (parallel zum Oberflächenbereich der Glattblechschale 10) |
|    | SP    | Schweißpunkt   |



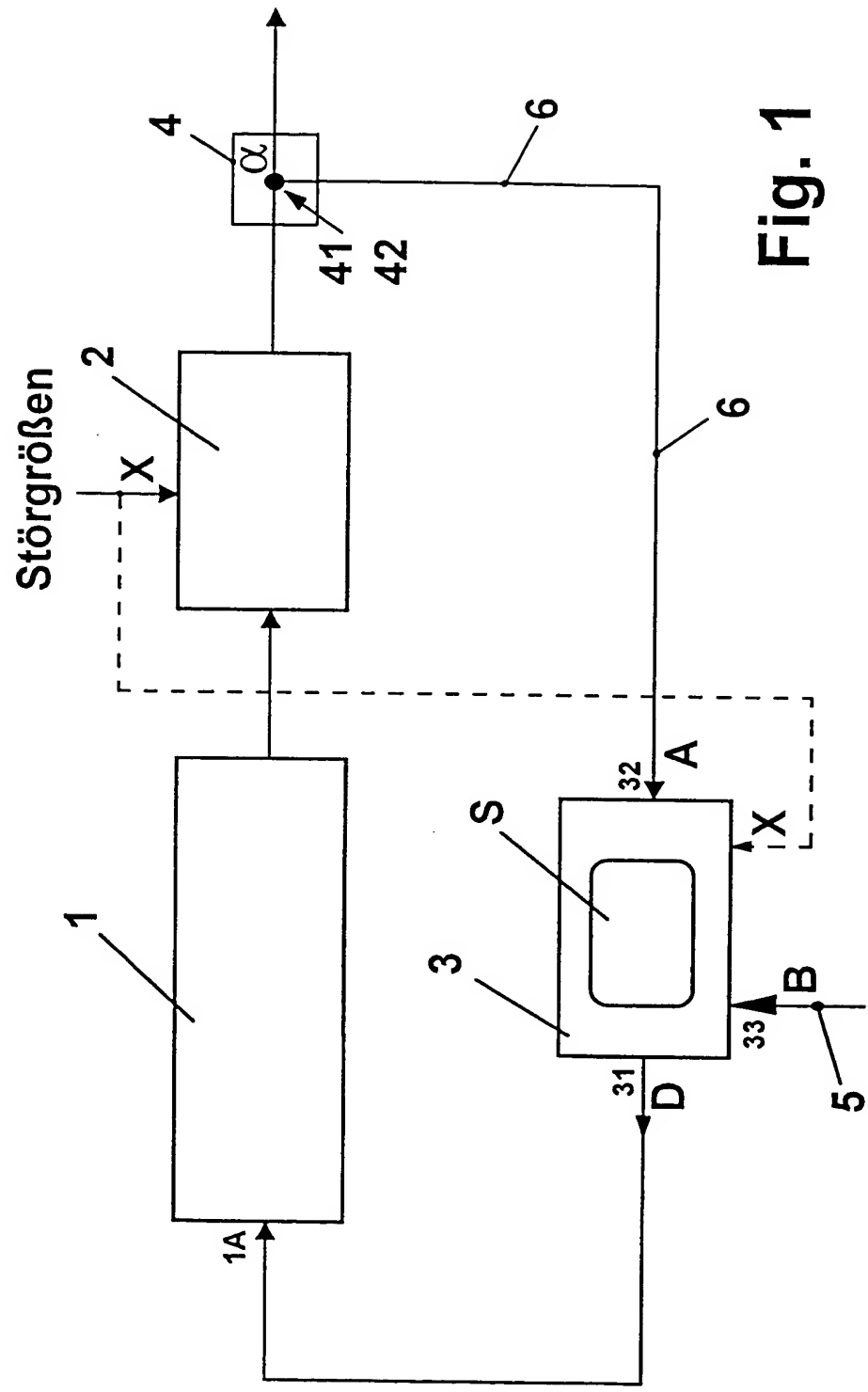
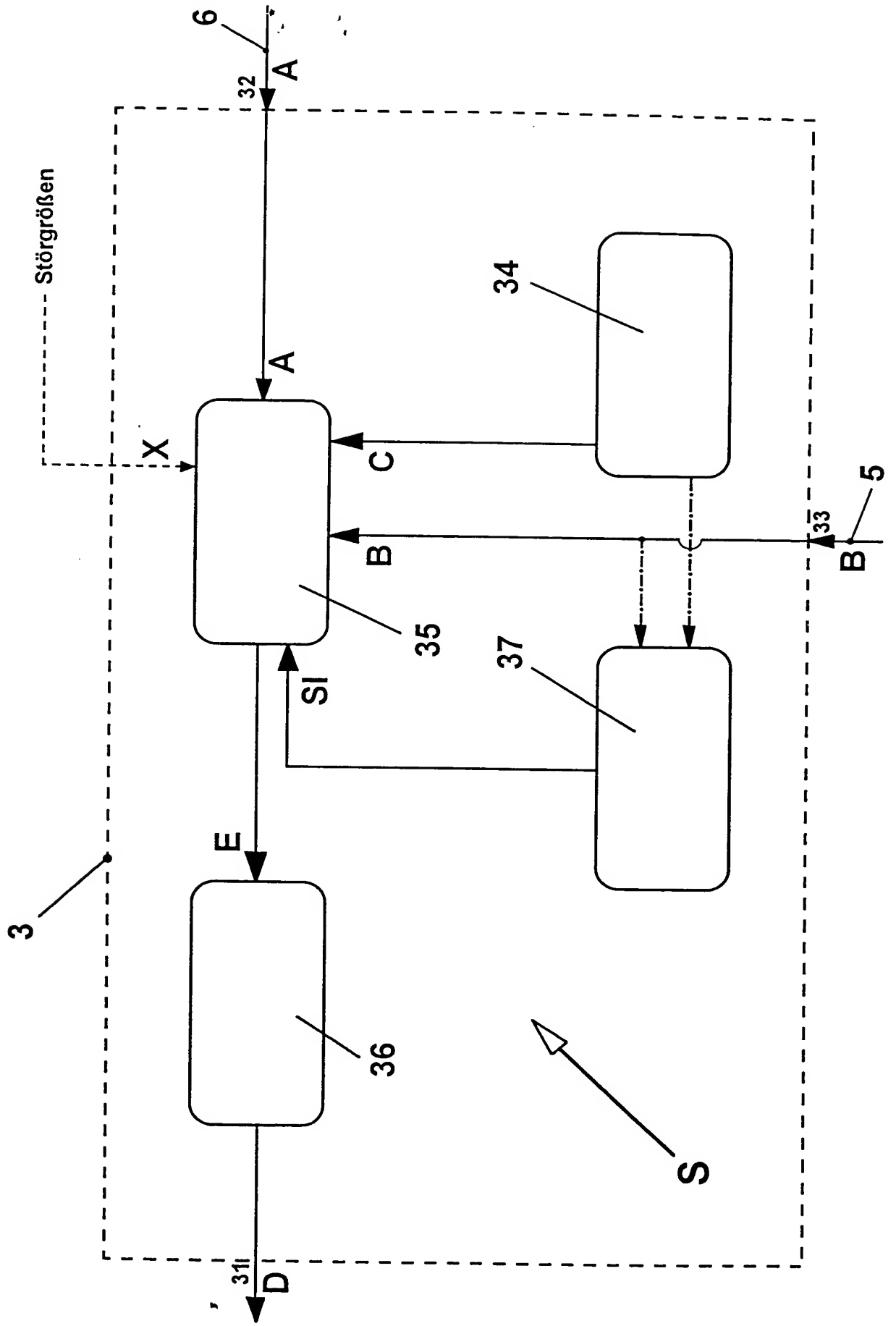


Fig. 1



Fig. 2





# Definition Nahtflankenwinkel $\alpha$ und Nahtlage

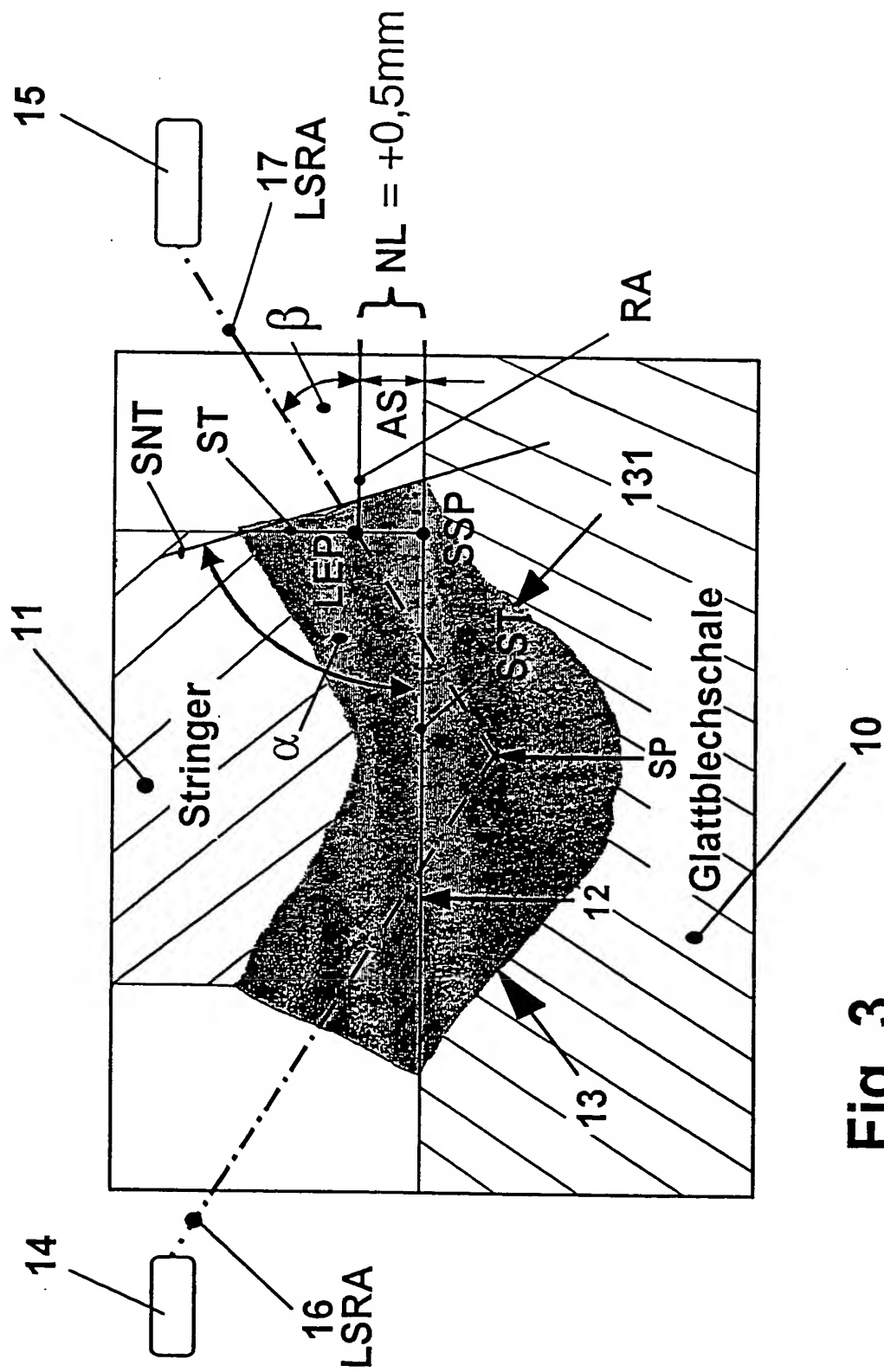


Fig. 3



# Abhängigkeit des Nahtflankenwinkels $\alpha$ von der Nahtlage

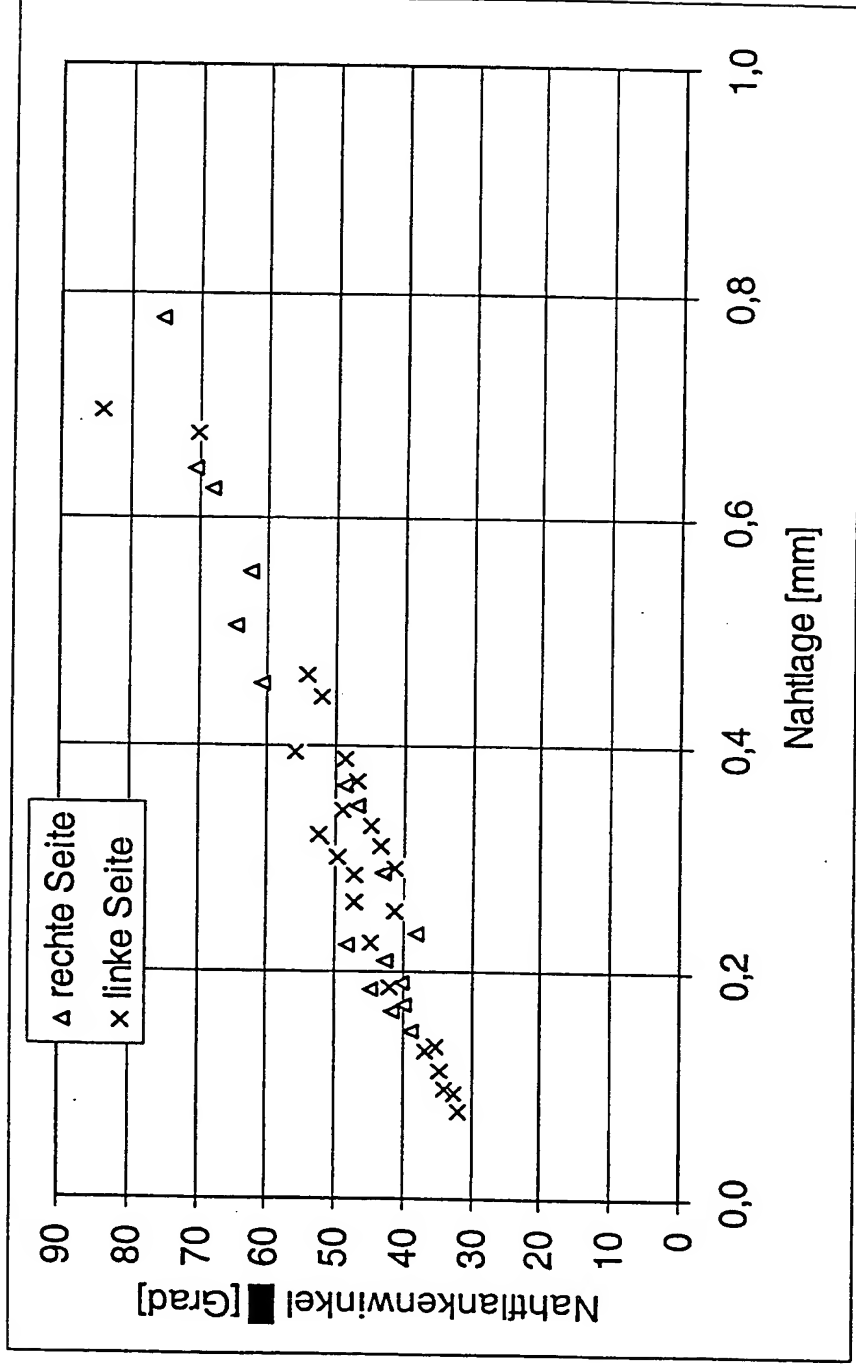


Fig. 4

Der Nahtflankenwinkel  $\alpha$  ist proportional zur Nahtlage